

Alfa-aktivaation yhteys elävän ja improvisoidun musiikin  
kuunteluun: EEG ja kyselytutkimus

Maaria Kaisla Kasimiira Seppälä

Pro gradu -tutkielma

Psykologia

Lääketieteellinen tiedekunta

Joulukuu 2018

Ohjaaja: Mari Tervaniemi



Tiedekunta/Osasto Fakultet/Sektion – Faculty Lääketieteellinen tiedekunta / psykologian ja logopedian osasto		Laitos/Institution– Department	
Tekijä/Författare – Author Maaria Kaisla Kasimiira Seppälä			
Työn nimi / Arbetets titel – Title Alfa-aktivaation yhteys elävän ja improvisoidun musiikin kuunteluun: EEG ja kyselytutkimus			
Oppiaine /Läroämne – Subject Psykologia			
Työn laji/Arbetets art – Level Pro gradu -tutkielma	Aika/Datum – Month and year joulukuu 2018	Sivumäärä/ Sidoantal – Number of pages 31	
Tiivistelmä/Referat – Abstract <p><b>Tavoitteet.</b> Elävän ja erityisesti improvisoidun musiikin kuuntelun herättämää aivotoimintaa ja erityisesti yhteyttä EEG:lla mitattavaan alfa-aktivaatioon (8-10 Hz) on tähän mennessä tutkittu varsin vähän. Mobiililaitteiden kehitys on tehnyt EEG:n mittaamisesta laboratorion ulkopuolella helpompaa. Tämän tutkimuksen tarkoituksena on 1) selvittää onko EEG:n mittaaminen laboratorion ulkopuolella mahdollista sekä 2) tutkia alfa-aktivaation yhteyttä osittain improvisoidun tai tutun elävän musiikin kuunteluun.</p> <p><b>Menetelmät.</b> Tutkimuksessa oli 14 koehenkilöä, jotka olivat ammattimuusikoita tai musiikkia pitkään harrastaneita. Kamaritrio soitti koehenkilöille EEG-mittauksen aikana neljä kappaletta: tutun sekä tuntemattoman kappaleen ja näistä molemmista osittain improvisoidun version. Koehenkilöt arvioivat kappaleiden kuuntelun jälkeen niiden improvisatorisuutta ja kiinnostavuutta. Alfa-aktivaatiota tarkasteltiin posteriorisilta ja pään keskilinjan elektrodeilta.</p> <p><b>Tulokset ja johtopäätökset.</b> Kuulijoiden alfa-aktivaatiovoimakkuuksissa ei ollut eroja osittain improvisoitujen ja nuottien mukaan soitettujen tai tuttujen ja tuntemattomien kappaleiden välillä. Osittain improvisoidut kappaleet arvioitiin improvisatorisemmiksi, mutta kappaleiden kiinnostavuuksien välillä ei ollut eroja. Musiikin improvisoinnin tutkiminen aivo- ja kyselytutkimusten avulla auttaa ymmärtämään laajemmin luovuutta. Tutkimus osoittaa, että elävän musiikin kuuntelun ja aivotoiminnan yhteyksien tutkiminen EEG:n avulla laboratorion ulkopuolella on mahdollista.</p>			
Avainsanat – Nyckelord – Keywords EEG, elävä musiikki, improvisoitu musiikki, musiikin kuuntelu, alfa-aktivaatio			
Säilytyspaikka – Förvaringställe – Where deposited			
Muita tietoja – Övriga uppgifter – Additional information			



Tiedekunta/Osasto Fakultet/Sektion – Faculty Faculty of Medicine / Department of Psychology and Logopedics		Laitos/Institution– Department	
Tekijä/Författare – Author Maaria Kaisla Kasimiira Seppälä			
Työn nimi / Arbetets titel – Title Alpha activation and listening to live improvisational music: An EEG study and a questionnaire survey			
Oppiaine /Läroämne – Subject Psychology			
Työn laji/Arbetets art – Level Masters’ thesis	Aika/Datum – Month and year December 2018	Sivumäärä/ Sidoantal – Number of pages 31	
Tiivistelmä/Referat – Abstract <p><b>Objectives.</b> There are only a few prior studies about brain functions while listening to live and improvised music. Yet, an EEG frequency band called alpha (8-10 Hz) has been shown to be connected to listening of music improvisation, but the connections between alpha and listening to improvised music are largely unknown. The progress of wireless mobile EEG devices makes recording EEG in this kind of tasks now easier. In this study we examine the feasibility of measuring EEG in a situation like this and the connection between alpha power and listening to partly improvised or familiar live music</p> <p><b>Methods.</b> In this study, EEG of 14 professional musicians and amateur musicians was recorded while they listened to familiar and unfamiliar pieces of music and partly improvised versions of those pieces performed live by a chamber trio. The subjects rated how improvised and interesting each of the four performances sounded. Data from posterior and midline electrodes were analyzed to define alpha power.</p> <p><b>Results and conclusions.</b> There were no differences in alpha power between the performances. Listeners rated partly improvised performances more improvisatory, but there was no difference in how interesting the performances were rated. Studying music improvisation may help us to expand the knowledge of creativity. According to this study it is possible to study listeners’ brain functions with EEG during live music improvisation performances also outside the laboratory.</p>			
Avainsanat – Nyckelord – Keywords EEG, live music, improvisational music, music listening, alpha activation			
Säilytyspaikka – Förvaringställe – Where deposited			
Muita tietoja – Övriga uppgifter – Additional information			

## Esipuhe

Tämä pro gradu -tutkielma on osa Helsingin yliopiston Cicero Learning -verkoston ja Kognitiivisen aivotutkimusyksikön *Muusikkouden monet muodot* -projektia. Haluan kiittää kaikkia tässä projektissa mukana olleita henkilöitä. Kiitos Saara Pousi koeasetelman kokoamisesta, sujuvasta yhteistyöstä ja korvaamattomasta vertaistuesta. Kiitos Tommi Makkonen EEG:n maailmaan opastamisesta ja erityisesti aineiston käsittelyvaiheessa isosta avusta Matlabin kanssa. Kiitos Sibelius-Akatemian lehtori Erja Joukamo-Ampuja klassisen musiikin improvisointiin liittyvän asiantuntemuksesi jakamisesta. Kiitos Jenni Saaristo avusta aineiston käsittelyn opettelussa ja muusta avustavasta työstäsi. Kiitos tutkimuksessa soittaneille muusikoille. Kiitos kaikille pilottikoehenkilöinä toimineille. Kiitos myös kaikille mittauksissa avustaneille apukäsille. Special thanks to Jasmin Walter who saved our second recording session. Suuri kiitos erityisesti ohjaajalleni tutkimusjohtaja Mari Tervaniemelle. Lopuksi kiitos myös kaikille läheisilleni, jotka olette tukeneet minua projektin aikana. Ilman teitä ei olisi tätä gradua.

Maaria Seppälä

Joulukuu 2018

# Sisällysluettelo

1 Johdanto .....	6
1.1 EEG .....	6
1.2 Alfa-aktivaatio.....	8
1.3 Musiikki.....	9
1.3.1 Musiikin kuuntelu ja alfa-aktivaatio .....	10
1.3.2 Improvisoitu musiikki.....	12
1.4 Improvisoitu musiikki ja alfa-aktivaatio .....	12
1.5 Tutkimuskysymykset ja hypoteesit .....	15
2 Menetelmät.....	16
2.1 Koehenkilöt .....	16
2.2 Tutkimuksen kulku.....	16
2.3 EEG-laitteisto .....	18
2.4 EEG-aineiston esikäsittely ja tilastollinen analyysi .....	18
3 Tulokset.....	20
3.1 EEG-aineiston tulokset.....	20
3.2 Kappaleiden musiikillisten piirteiden arvioiden tulokset.....	21
4 Pohdinta .....	23
4.1 Tutkimuksen luotettavuus ja haasteet.....	25
4.2 Johtopäätökset ja tulevaisuudennäkymät .....	27
5 Lähteet.....	28

# 1 Johdanto

Musiikki on ollut osa elämäämme kautta aikojen ja varsinkin nykyään äänentoistolaitteiden yleisyyden takia on musiikilla suuri rooli jokapäiväisessä elämässämme. Musiikkia kuunnellaan arkipäivisin yleensä tallenteilta, mutta mitä tapahtuu, kun kuunnellaan improvisoitua tai tuttua elävää musiikkia? Musiikin improvisaatio onkin kiinnostava ilmiö sekä muusikon että sen kuuntelijan kannalta neuropsykologisesta näkökulmasta.

Elektroenkefalografian (EEG) avulla mitattavaa alfa-aktivaatiota on tutkittu paljon. On huomattu, että alfa-aktivaatio on yhteydessä luoviin prosesseihin ja se saattaa olla yhteydessä myös musiikin improvisointiin. Suurin osa tähän mennessä tehdystä EEG-tutkimuksesta on toteutettu laboratoriossa, jossa esimerkiksi elävän musiikin eli paikan päällä aidoilla soittimilla soitetun musiikin kuuntelua ei ole voitu helposti tutkia. Aivotutkimuksessa uusien mobiilien EEG-laitteiden kehitys on kuitenkin ollut viime vuosina nopeaa. Tämän tutkimusprojektin käytössä olleet mobiili-EEG-laitteistot mahdollistavat improvisoidun musiikin kuuntelun ja aivotoiminnan yhteyksien tutkimisen EEG-laboratorion ulkopuolella. Tämä tutkimus keskittyy improvisoidun elävän musiikin kuuntelun ja alfa-aktivaation yhteyksien tutkimiseen.

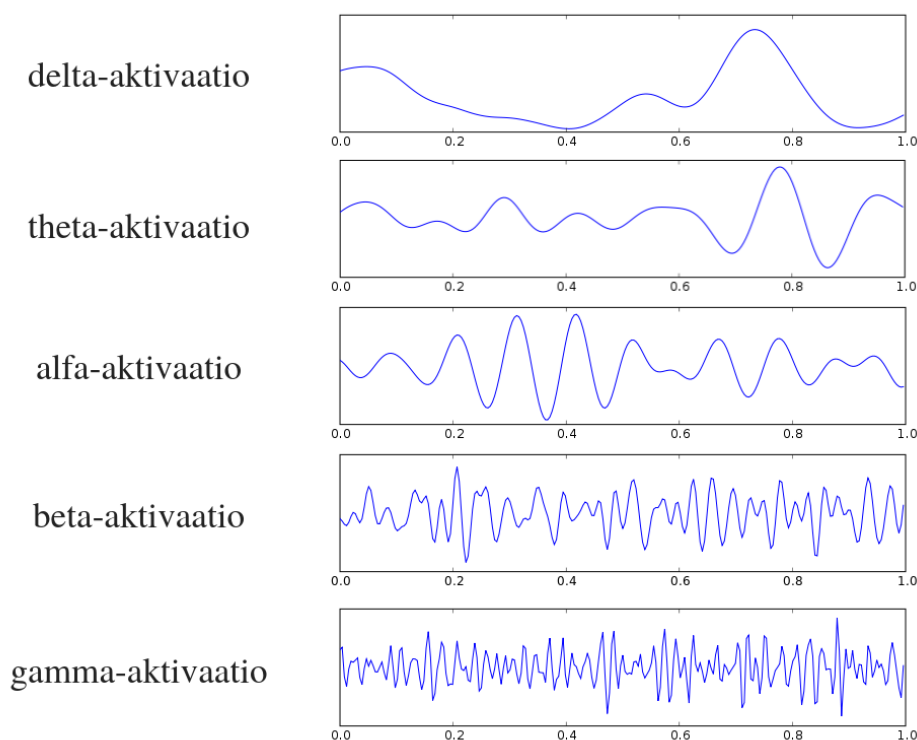
## 1.1 EEG

Aivot koostuvat aivosoluista eli neuroneista, joiden toiminta perustuu sähköisiin ja kemiallisiin prosesseihin, joita aiheuttavat neuroneiden välillä toimivat välittäjäaineet. Kun välittäjäaineita siirtyy neuronista toiseen niiden välissä olevan synapsin kautta, voi vastaanottajasolussa syntyä aktiopotentiaali eli neuronin sähköisen potentiaalin muutos. Aktiopotentiaali saa neuronin laukaisemaan välittäjäaineita seuraavaan synapsiin. Näin viestit etenevät aivoissa ja muualla ihmisen hermostossa. EEG:n avulla voidaan havainnoida tätä aivojen sähköistä toimintaa. Yksittäisen hermosolun aktiopotentiaalia EEG:lla ei voida havaita, mutta laajemman neuronijoukon samanaikainen sähköinen yhteisvaikutus voidaan. EEG antaa siis tietoa aivojen sähköisen toiminnan muutoksista.

EEG on non-invasiivinen menetelmä. EEG-mittauksessa tutkittavan kallon pinnalle asetetaan elektrodeja, jotka mittaavat ajan funktiona sähköisiä jännite-eroja johonkin referenssielektrodiin verrattuna. EEG:n avulla voidaan hyvin tarkasti tietää, minkälaista aktivaatiota aivoissa kulloinkin tapahtuu, mutta tietyn aktivaation lähdettä on vaikeaa paikantaa luotettavasti. Ihmisen lihasliikkeet syntyvät samanlaisella mekanismilla kuin aivojen hermosolujen tiedonsiirto, joten kaikki lihasliikkeet kehossa ja erityisesti pään alueella vaikuttavat EEG:aan. Häiriölähteiden suodatuksen

kehityksen ansiosta EEG:aa on nykyään mahdollista mitata kohtuullisen luotettavasti muuallakin kuin tarkoin kontrolloiduissa laboratorioympäristöissä, mobiililaitteiden ansiosta jopa koehenkilöiden kävellessä (Debener, Minow, Emkes, Gandras, & de Vos, 2012). Tämä on tärkeää aivotutkimusten ekologisen validiteetin eli tutkimuksen tosielämän vastaavuuden kannalta, sillä nyt aivojen toimintaa voidaan mitata ihmiselle mahdollisimman luonnollisissa tilanteissa eli esimerkiksi musiikkikonserttimaisessa tilanteessa kuten tässä tutkimuksessa tehtiin.

EEG:lla mitataan erilaisia taajuuskaistoja, jotka ovat aivojen sähköisen toiminnan eritaajuista värähtelyä. Taajuuskaistoille on tutkimuskirjallisuudessa olemassa vakiintuneet luokitukset ja nimitykset. Delta-aktivaatio on noin 0,5-4 Hz:n taajuuksista, theta-aktivaatio 4-8 Hz, alfa-aktivaatio 8–12 Hz, beta-aktivaatio 12-30 Hz ja gamma-aktivaatio 30-70 Hz (kuva 1). Eri taajuuskaistojen on huomattu olevan eri tavoin yhteydessä aivojen erilaisiin toimintoihin. Tässä tutkimuksessa käsitellään alfa-aktivaatiota.



*Kuva 1:* EEG:n taajuuskaistat. Kuvat yhden sekunnin ajalta. Kuhunkin kuvaan on suodatettu vain kyseinen taajuuskaista yhdeltä elektrodilta mitattuna.

## 1.2 Alfa-aktivaatio

EEG-mittauksissa kaikkein yleisimmin havaittava taajuuskaista on saksalaisen Hans Bergerin jo 1930-luvun alussa havaitsema alfa-aktivaatio (Herrmann, Strüber, Helfrich & Engel, 2016). Alfa-aktivaatio on myös taajuuskaistoista tutkituin (Teplan, 2002). Alfa-aktivaation voimakkuus lisääntyy silmät suljettaessa ja vähenee silmät avattaessa (Teplan, 2002). Yleensä alfaaajuista aktivaatiota esiintyy enemmän juuri silloin, kun tapahtuu vähemmän tiedonkäsittelyä eli ns. aivojen lepotilan aikana (Bowman ym., 2017) ja silloin, kun ihminen on keskittynyt vain omiin sisäisiin ajatuksiinsa inhiboiden ulkopuoliset ärsykkeet (Benedek, Schickel, Jauk, Fink & Neubauer, 2014; Cooper, Croft, Dominey, Burgess & Gruzelier, 2003). Lisäksi on löydetty yhteyksiä alfa-aktivaation voimakkuuden lisääntymisen ja luovuuden välille (Fink & Benedek, 2014).

Alfa-aktivaatio voidaan jakaa edelleen pienempiin kaistoihin taajuuden mukaan. Yleensä puhutaan ylemmästä alfaaajuudesta eli noin 10-12 Hz ja alemmasta alfaaajuudesta, joka on puolestaan välillä noin 8-10 Hz. Alfa-aktivaatiota voidaan jaotella myös sen mittauspaikan mukaan. Yleensä eniten alfa-aktivaatiota havaitaan posterioriselle aivokuorelle kiinnitetyistä elektrodeista, jolloin puhutaan posteriorisesta alfa-aktivaatiosta (Meeuwissen, Takashima, Fernández, & Jensen, 2011). Otsalohkoilla mitattua alfa-aktivaatiota taas kutsutaan frontaaliksi alfa-aktivaatioksi (Lustenberger, Boyle, Foulser, Mellin & Fröhlich, 2015). On muistettava, että EEG-mittauksissa mittauspaikka ja aktivaation syntypaikka eivät ole sama asia. Alfa-aktivaation tai muidenkaan taajuuskaistojen tarkkaa lähdettä ei siis voida EEG:n huonon paikallisen resoluution vuoksi EEG:lla luotettavasti todentaa, mutta muita aivokuvantamismenetelmiä yhdistävissä tutkimuksissa näin voidaan tehdä. Samaan aikaan kun EEG:lla on havaittu alfa-aktivaatiota on aivojen toiminnallisella magneettikuvauksella huomattu aktivaation itseasiassa vähenevän aivokuorella, mutta lisääntyvän sisäosissa (Goldman, Stern, Engel & Cohen, 2002; Laufs ym., 2003). Alfa-aktivaatio näyttäisikin syntyvän aivojen sisäosissa kulkevilla aivokuoren eri alueita yhdistävillä radoilla (Bowman ym., 2017).

Alfa-aktivaation voimakkuuden vaihtelu liittyy tiedonkäsittelyn aktivaatitasojen vaihteluun (Laufs ym., 2003), joten se voidaan rauhoittumisen ja silmien sulkemisen lisäksi yhdistää moniin erilaisiin kognitiivisiin toimintoihin. Alfa-aaltojen voimakkuus vaihtelee tiedonkäsittelyn aktivaatitasojen lisäksi myös yksilöiden välillä eri tilanteissa. Lepotilassa mitatun alfa-aktivaation suuri voimakkuus on yhteydessä hyvään menestykseen kognitiivisissa kykytesteissä, ylempi alfa-aktivaatio erityisesti semanttisen informaation prosessointiin ja alempi alfa-aktivaatio uuden oppimiseen liittyvään keskittymiseen (Doppelmayr, Klimesch, Stadler, Pöllhuber & Heine, 2002). Lepotilassa mitattu suuri alfa-aktivaation voimakkuus ja aktiivisuutta vaativassa tilanteessa mitattu vähäinen alfa-aktivaation voimakkuus ovat yhteydessä myös hyvään työmuistisuoriutumiseen (Klimesch, Schack & Sauseng,



2005). Alfa-aktivaatio näyttäisikin olevan keskeisesti yhteydessä muistin toimintaan. Esimerkiksi mieleen painamisen aikana lisääntyneen posteriorisen alfa-aktivaation on huomattu olevan yhteydessä onnistuneeseen sanojen pitkäkestoiseen muistamiseen (Meeuwissen ym., 2011). Alfa-aktivaation yhteydessä puhutaan paljon myös alfa-synkroniasta ja -epäsynkroniasta, jotka liittyvät ilmiöön, jossa alfa-aktivaation voimakkuus vähenee aktiivisen ja tarkkavaisuutta vaativan tiedonkäsittelyn aikana, mutta nousee lepotilan ja itseen kohdistuvan pohdiskelun aikana (Coan & Allen, 2004; Lin ym., 2010; Benedek ym., 2014).

Älykkyyden ohella luovuus on arvostettu kognitiivinen erityistaito. Ihmisen luovuutta voidaan mitata omaperäistä ajattelua havainnoivilla testeillä, jossa tutkittavat esimerkiksi keksivät uusia käyttötarkoituksia esineille. Luovuuden on huomattu olevan positiivisessa yhteydessä alfa-aktivaatioon, sillä sekä lepotilassa että luovuustestien aikana näyttäisi alfa-aktivaatio olevan voimakkaampaa luovuustesteissä paremmin menestyvillä ihmisillä (Fink & Benedek, 2014). Alfa-aktivaatio näyttää siis olevan tärkeässä osassa luovuutta vaativissa tehtävissä ja ideoiden omaperäisyydessä (Fink & Benedek, 2014). Alfa-aktivaation voimakkuuden on myös havaittu lisääntyvän luovuuden lisäämiseen tähtäävien koulutusten seurauksena (Fink & Benedek, 2014).

### 1.3 Musiikki

Ihmisten mieltymykset, kokemukset, kuuntelun harjaantuneisuus ja monet muut asiat voivat vaikuttaa siihen, millaisen vasteen musiikkia aiheuttaa ihmisessä. Musiikki myös muokkaa aivoja ja niiden toimintaa. Musiikin aktiivisen harjoittelun on huomattu vaikuttavan lapsilla monin tavoin aivojen toiminnalliseen ja jopa rakenteelliseen kehitykseen sekä musiikin havaitsemiseen (Habibi, Damasio, Ilari, Elliott Sachs & Damasio, 2018). Muusikoilla esimerkiksi aivojen musiikin havaitsemiseen erikoistuneet osat ovat yleensä kehittyneempiä kuin ei-muusikoilla (Gaser & Schlaug, 2003). Musiikillisen koulutuksen on lisäksi huomattu olevan positiivisessa yhteydessä laajasti erilaisiin kognitiivisiin toimintoihin ja musiikillisen harjoittelun on huomattu vaikuttavan suoritusta parantavasti myös sellaisissa kognitiivisissa toiminnoissa, jotka eivät välttämättä liity suoraan musiikin soittamiseen tai muuhun tuottamiseen (Benz, Sellaro, Hommel, & Colzato, 2016). Musiikilla on huomattu olevan myös useita fyysiselle terveydelle hyödyllisiä vaikutuksia. Musiikin on havaittu saattavan auttaa rauhoittumaan stressaavissa tilanteissa hidastamalla sykettä, alentamalla verenpainetta sekä stressihormonien ja tulehdusaineiden määrää, helpottaa leikkauspotilaiden ja esimerkiksi Parkinsonin taudista kärsivien oloa sekä helpottaa toipumista sydänkohtauksesta, aivoverenvuodosta, masennuksesta ja kroonisesta kivusta (Simon, 2015). Musiikin prosessointi aivoissa tapahtuu hyvin paljon samoilla alueilla kuin emotioiden ja musiikin onkin todettu vaikuttavan emotioiden kannalta oleellisten aivoalueiden toimintaan (Koelsch, 2014). Musiikki on

tärkeä kulttuurinen tekijä sosiaalisten suhteiden luomisessa ja ihmisryhmien yhteishengen ylläpidossa ehkäpä juuri musiikin ja emootioiden yhteyksien takia (Koelsch, 2014).

### 1.3.1 Musiikin kuuntelu ja alfa-aktivaatio

Musiikin kuuntelun yhteyttä alfa-aktivaatioon on tutkittu paljon. Eräässä tutkimuksessa, jossa koehenkilöt kuuntelivat Beethovenin viidettä sinfoniaa kuuntelu nosti subjektiivista arviota emotionaalisesta virittyneisyydestä ja alfa-aktivaatio väheni huomattavasti silloin kun yleinen vireystila koettiin korkeammaksi (Mikutta, Altorfer, Strik & Koenig, 2012). Ammattimuusikkoja tutkittaessa samassa koeasetelmassa edellisen tuloksen toistumisen lisäksi huomattiin alfa-aktivaatiota esiintyvän päälaenlohkolla enemmän silloin, kun he kokivat vireystilansa matalaksi (Mikutta, Maissen, Altorfer, Strik & Koenig, 2014). Ammattimuusikoiden ja muiden kuulijoiden alfa-aktivaatiotaajuuksia on vertailtu myös eri emootioita ilmentäneen musiikin sekä puheen kuuntelun aikana. On huomattu, että ammattimuusikoilla alfa-aktivaatio on yleensä kaikissa äänen prosessointia vaatineissa tilanteissa voimakkaampaa, mikä viittaa siihen, että ammattimuusikot ovat harjaantuneempia kuuntelemaan ylipäätään kaikkea ääntä eivätkä vain musiikkia. (Nolden, Rigoulot, Jolicoeur & Armony, 2017).

Musiikin miellyttävyydellä kuulijalle ja aivojen aaltotaajuuksilla on huomattu olevan yhteyksiä. Etuotsalohkon ja kallon keskilinjan theta-aktivaatiota on havaittu enemmän miellyttävän musiikin kuuntelun aikana ja vähemmän silloin, kun sama musiikki oli koneellisesti muokattu epämiellyttävän kuuloiseksi (Sammler, Grigutsch, Fritz & Koelsch, 2007). Sen sijaan alfa-aktivaation suhteen ei olla huomattu eroa musiikin miellyttävyyden muuttuessa (Sammler ym., 2007). Alfa-aktivaatio saattaakin olla musiikkia kuunneltaessa riippumatonta miellyttävyydestä. Sen sijaan siihen saattavat vaikuttaa enemmän musiikin aiheuttamat vireystilan vaihtelut eli musiikin kiinnostavuus. Tällaisesta musiikin aiheuttamasta yleisen vireystilan ja emotionaalisen virittyneisyyden muutoksiin vaikuttavasta mekanismista onkin saatu viitteitä myös muilla menetelmillä kuin EEG:lla esimerkiksi ihon sähkönjohtavuutta ja sykettä tutkimalla (Vieillard, Roy, & Peretz, 2012). Musiikkia voidaan siis pitää voimakkaana emootioita ja vireystilaa ohjailevana ärsykkeenä sekä maallikoilla että ammattimuusikoilla ja alfa-aktivaatio näyttäisi voivan toimia näiden indikaattorina.

Musiikin kuuntelun ja alfa-aktivaation yhteyttä on tutkittu yhdistämällä mukaan myös visuaalisia ärsykeitä. On olemassa viitteitä siitä, että musiikki vahvistaisi visuaalisten ärsykkeiden herättämiä tunteita. Aktivaatiotaajuuksia emotionaalisten kuvien ja musiikin esittämisen aikana tarkastelleessa tutkimuksessa alfa-aktivaatiota havaittiin koehenkilöillä eniten pelkän musiikin kuuntelun aikana ja vähiten musiikin ja emotionaalisten kuvien samanaikaisen esittämisen aikana (Baumgartner, Esslen

& Jäncke, 2006). Kyseisen tutkimuksen tulos ei liity siihen, että pelkän kuuntelutilanteen aikana koehenkilöt olisivat olleet rauhoittuneempia tai epäaktiivisessa tilassa, sillä heiltä mitattiin myös esimerkiksi ihon sähkönjohtavuutta, sydämen lyöntitiheyttä ja hengitystiheyttä, joiden perusteella emotionaalinen virittyneisyys vaihteli musiikin kuuntelun aikana samalla tavalla kuin pelkkien kuvien katselun aikana tai kuvien katselun ja musiikin samanaikaisen kuuntelun aikana. Lisäksi koehenkilöt myös itse raportoivat pelkän musiikin tilanteessa, pelkkien kuvien tilanteessa ja yhdistetyssä tilanteessa samankaltaisia emotioita. Musiikki siis vaikuttaa emotionaaliseen virittyneisyyteen, mutta epäselväksi jää, onko musiikilla ja alfa-aktivaatiolla jokin spesifimpi yhteys verrattuna visuaalisiin ärsykkeisiin.

Yleensä aivotutkimuksessa musiikin kuuntelu on hyvin erilaista kuin oikeassa arkielämässä. Koehenkilö saattaa olla epätyypillisessä paikassa, kuten magneettikuvausputkessa tai suljetussa EEG-laboratoriossa. Oman lisänsä kuuntelukokemuksen voi tuoda musiikin kuuntelun aikana tehtävät arviointitehtävät. Aktivaatiotaajuuksien esiintymistä musiikin kuuntelijoilla on tarkasteltu vapaan kuuntelun aikana ja tilanteessa, jossa kuuntelijoiden täytyi kuuntelun aikana arvioida kuulemansa musiikin miellyttävyyttä ja vireyden nostavuutta (Markovic, Kühnis & Jäncke, 2017). Tutkimuksessa huomattiin, että niillä koehenkilöillä, jotka suorittivat ensin kokeen vapaan kuuntelun osan, kaikkien aktivaatiotaajuuksien eli myös alfa-aktivaation voimakkuus oli suurempaa vapaan kuuntelun tilanteessa. Samaa ei huomattu tässä tutkimuksessa niillä koehenkilöillä, jotka joutuivat ensin suorittamaan tilanteen, jossa arvioitiin musiikkia samanaikaisesti kuuntelun kanssa. Markovicin ja kollegoiden (2017) mukaan aktivaatiotaajuuksien voimistuminen vapaan kuuntelun tilanteessa saattaa olla neuraalinen ilmiö mielen vapaan vaeltelun tilalle, jossa koehenkilöt olivat musiikin mukaansa tempaamia, eikä heidän tarvinnut keskittyä musiikin arvioimiseen. Mahdollisimman luonnollinen tulos kokeissa saadaan aikaan siis silloin, kun päästään mittaamaan aivoaktivaatioita vapaassa kuuntelutilanteessa ilman musiikkiin kohdistuvaa tehtävää.

Musiikin kuuntelu näyttäisi siis olevan yhteydessä alfa-aktivaatioon voimistaen tai heikentäen sitä musiikin aiheuttamien emotio- ja vireystilamuutosten kautta (Baumgartner ym., 2006; Mikutta ym., 2012; Mikutta ym., 2014; Sammler ym., 2007). Alfa-aktivaation on musiikkiin liittymättömissä tutkimuksissa huomattu olevan yhteydessä tilanteisiin, joissa ei vaadita kognitiivisia ponnistuksia eli aivojen lepotilaan (Bowman ym., 2017) ja pelkkä musiikin kuuntelu saattaa edistää tällaista lepotilaa (Markovic ym., 2017). Jos musiikki on kuulijoille selvästi monimutkaisempaa eli esimerkiksi improvisoitua, vaatiiko se silloin kuulijalta enemmän tarkkaavaisuutta ja näin ollen olisi yhteydessä alfa-aktivaation voimakkuuden vähenemiseen?

### 1.3.2 Improvisoitu musiikki

Improvisaatiolla viitataan taiteelliseen toimintaan, joka syntyy spontaanisti sen esittämishetkellä ilman suurempaa etukäteen tehtävää suunnittelua. Musiikkia improvisoidessa musiikki siis luodaan samalla kun sitä esitetään (Eisenberg & Thompson, 2003). Improvisoitu musiikki on ollut huomattavan yleistä klassisessa musiikissa aiemmin, mutta nykyään improvisoitu musiikki yhdistetään lähinnä jazziin (Gould & Keaton, 2000). Improvisoitua musiikkia on aloitettu harjoittamaan uudestaan myös klassisen musiikin piirissä ja nykyään puhutaan improvisatorisesta lähestymistavasta eli osittaisesta improvisaatiosta, jossa soittajat varioivat spontaanisti soiton aikana klassisen musiikkikappaleen joitakin elementtejä eli esimerkiksi melodiaa muiden elementtien pysyessä ennalta kirjoitetun nuottikuvan mukaisina (Dolan, Jensen, Mediano, Molina-Solana, Rajpal, Rosas & Sloboda, 2018). Tällaista osittaista improvisaatiota tutkitaan tässä tutkimuksessa, sillä täysin tyhjästä improvisoitua kappaletta voisi olla vaikeaa vertailla nuottien mukaan soitettuihin kappaleisiin. Tällaisessa tilanteessa kappaleiden erot saattaisivat johtua vain siitä, että ne ylipäättään ovat erilaisia rakenteeltaan.

Improvisaatiokoulutusta saaneet muusikot ovat yleensä parempia luovuustesteissä kuin ei-muusikot ja muusikot, jotka eivät olleet saaneet improvisaatiokoulutusta (Kleinmintz ym., 2014). Improvisaation harjoittelulla voi siis olla vaikutusta myös muilla elämän osa-alueilla kuin soittamisessa. Aivotutkimuksissa onkin löytynyt viitteitä siitä, että musiikin improvisoinnilla ja yleisellä luovuudella olisi yhteinen kognitiivinen ja neuraalinen pohja (Bashwiner, 2018). Seuraavaksi tarkastellaan, millainen yhteys improvisoidulla musiikilla ja alfa-aktivaatiolla on tähänastisen tutkimuksen valossa.

### 1.4 Improvisoitu musiikki ja alfa-aktivaatio

Musiikin improvisaation ja alfa-aktivaation yhteyttä on tutkittu muutamissa tutkimuksissa. Eräässä eksploratiivisessa tutkimuksessa pyrittiin selvittämään onko nuottien mukaan soitettun ja osittain improvisoidun klassisen musiikin välillä eroja yleisön subjektiivisissa reaktioissa tai yleisön ja soittajien objektiivisissa reaktioissa eli EEG:n aktivaatiotaajuuksissa sekä viittaisivatko nämä mahdolliset erot siihen, että improvisoitu musiikki herättää enemmän mielenkiintoa (Dolan, Sloboda, Crutzi & Jeldtoft-Jensen, 2013). Tutkimus tehtiin luonnollisessa esitystilanteessa, jossa soittajat ja yleisö olivat samassa tilassa. Soittajia oli kolme: viulisti, sellisti ja harpunoittaja. Soittajat olivat saaneet intensiivistä improvisaatiokoulutusta ennen koetilannetta. Yleisöä oli 14 henkilöä, joista EEG:lla mitattiin kaksi kuulijaa. EEG mitattiin myös soittajilta. Osittain improvisoitujen kappaleiden aikana EEG:lla mitatuilta kuulijoilta havaittiin heikommin alfa-aktivaatiota ja kaikki kuuntelevat

koehenkilöt arvioivat osittain improvisoidut kappaleet mielenkiintoisemmiksi ja mukaansa tempaavammiksi. Lisäksi huomattiin, että soittajien ja kuuntelijoiden välillä oli enemmän synkroniaa eli samankaltaisuutta EEG-aineistossa improvisoitujen kuin etukäteen valmisteltujen kappaleiden aikana. Dolanin ja kollegoiden (2013) mukaan improvisaation aikana muusikoiden mielenkiinto pieniä yksityiskohtia kohtaan vähenee, mikä mahdollistaa improvisaatiolle luontaisen intuitiivisen soittotavan, joka puolestaan tekee musiikista kuulijoille mielenkiintoisempaa.

Tuoreessa tutkimuksessa Dolanin tutkimusryhmä pyrki selvittämään, onko improvisaatiolla erillinen mielentila (Dolan ym., 2018). Musiikki liitetään usein flow-tilaan eli virtauskokemukseen, jossa ihminen keskittyy täysin tavoitteelliseen toimintaan sulkien kaiken muun tietoisuutensa ulkopuolelle (Csikszentmihalyi, 2014). Flow-tilaa pidetään tavoittelemisen arvoisena, sillä se liitetään onnellisuuteen (Csikszentmihalyi, 2014). Dolanin ja kollegoiden (2018) mielestä improvisaatio saattaa olla tällainen tila. Tutkimuksessa kuuntelijoita oli 22 henkilöä ja kolmen muusikon eli laulajan, pianistin ja huilistin lisäksi siinä mitattiin EEG myös neljältä kuuntelijalta (Dolan ym., 2018). Tutkimuksessa havaittiin muusikoiden välillä vähemmän epäkoordinoituja lihasliikkeitä osittain improvisoidun musiikin aikana, muusikot arvioivat koetilanteen jälkeen improvisaation aikana olleensa erilaisessa mielentilassa kuin nuottien mukaan soittaessaan ja kuuntelijat kokivat osittain improvisoidun musiikin emotionaalisemmiksi. EEG:n analysoinnissa eri taajuuksaistoja vertailtaessa huomattiin, että sekä muusikoilla että kuuntelijoilla korkeiden taajuuksien voimakkuus oli suurempaa osittain improvisoidun musiikin aikana ja matalien taajuuksien eli esimerkiksi alfa-aktivaation voimakkuus oli suurempaa nuottien mukaan soitetun musiikin aikana. Dolan ja kollegat (2018) ovat tutkimuksen perusteella sitä mieltä, että improvisaation aikana ihminen on erilaisessa mielentilassa kuin suoraan nuoteista soittamisen aikana.

Molemmissa näissä edellä mainituissa tutkimuksissa alfa-aktivaation voimakkuus näytti olevan vähäisempää improvisaation aikana (Dolan ym., 2013; Dolan ym., 2018). Muutamassa muussa tutkimuksessa on puolestaan saatu näyttöä siitä, että alfa-aktivaation voimakkuus lisääntyisikin improvisaation aikana. Eräässä tutkimuksessa tarkasteltiin kymmenen improvisaatiokoulutetun ja kahdentoista improvisaatiokouluttamattoman ammattimuusikon aivojen aktivaatiotaajuuksia jazzin kuuntelun, mallista soittamisen ja improvisoinnin tilanteissa (Lopata, Nowicki & Joannis, 2017). Musiikin tuottamista vaativia tehtäviä varten muusikoilla oli pieni kosketinsoitin. Ylempää frontaalista alfa-aktivaatiota oli enemmän improvisointitehtävässä kuin kuuntelussa tai mallista soitettaessa kaikilla koehenkilöillä. Improvisaatiokoulutetuilla muusikoilla tämä tulos oli myös suurempi kuin kouluttamattomilla ja lisäksi alfa-aktivaation voimakkuus korreloi positiivisesti improvisaatiotehtävissä luotujen melodioiden omaperäisyyden kanssa. Tämä kyseinen tutkimus lisää

näyttää siitä, että alfa-aallot ovat yhteydessä luoviin prosesseihin myös musiikkia improvisoidessa (Lopata ym., 2017).

Eräässä toisessa tutkimuksessa mitattiin myös EEG:lla muusikon aktivaatiotaajuuksia normaalin nuottikuvan mukaisen soiton ja improvisoidun tilanteen aikana (De Smedt, Menschaert, Heremans, Lechat & Dhooghe, 2016). Alfa-aktivaation ja improvisoidun tilanteen välillä huomattiin positiivinen korrelaatio, samoin alfa-aktivaation ja intensiivisemmän soiton välillä. Negatiivinen korrelaatio löydettiin puolestaan alfa-aktivaation ja tutkittavan huonosti soittamien nuottien aiheuttaman hetkellisen stressitilan välillä. Tutkimuksessa käytetty neljän kuivaelektrodin EEG-laitteisto ei kuitenkaan ollut tieteelliseen tutkimukseen tarkoitettu, koehenkilöitä tutkimuksessa oli kovin vähän ja löydösten efektikoot eivät olleet kovin suuria.

Improvisaation ja alfa-aktivaation yhteyttä on tutkittu muusikoiden lisäksi tanssijoilla. Eräässä tutkimuksessa vertailtiin ammattitanssijoiden ja harrastajatanssijoiden alfa-aktivaatiota silloin kun he kuvittelivat yksinkertaisen valssin tanssimista ja monimutkaisen tanssin improvisoimista (Fink, Graif & Neubauer, 2009). Molemmilla ryhmillä oli enemmän alfa-aktivaatiota enemmän luovuutta vaativassa tilanteessa eli improvisoinnin kuvittelussa. Ryhmät erosivat toisistaan siten, että ammattitanssijoilla oli enemmän varsinkin frontaalia oikeanpuoleista alfa-aktivaatiota improvisaatiota kuviteltaessa kuin harrastelijatanssijoilla. Valssia kuviteltaessa ammattitanssijoiden ja harrastelijatanssijoiden välillä ei ollut eroa. Tutkimuksessa koehenkilöt tekivät myös luovuustestejä, joissa ammattitanssijoilla oli taas voimakkaampaa alfa-aktivaatiota ja erityisesti posteriorista alfa-aktivaatiota verrattuna tanssin harrastelijoihin. Improvisaatiotilanteissa tanssijat tai muusikot siis joutuvat olemaan luovempia ja alfa-aktivaation voimakkuus näyttäisi luovan ajattelun aikana lisääntyvän.

Improvisaation ja alfa-aktivaation voimakkuuden yhteyksistä on siis löytynyt kahden suuntaista tutkimusnäyttöä: alfa-aktivaation voimakkuus saattaa vähentyä improvisoinnin ja sen kuuntelun aikana, koska improvisoitu musiikki on mielenkiintoista (Dolan ym., 2013; Dolan ym., 2018) tai alfa-aktivaation voimakkuus saattaa lisääntyä improvisoinnin aikana (De Smedt ym., 2016; Fink ym., 2009 Lopata ym., 2017). Tulosten ristiriitaisuutta voi selittää monien näiden improvisaatiota ja alfa-aktivaatiota käsittelevien tutkimusten pienet otoskoot ja lisäksi tutkimusten kohteet ovat vaihdelleet. Osassa tutkimuksia kohteena ovat olleet kuuntelijoiden sijasta nimenomaan improvisoivat muusikot (De Smedt ym., 2016; Fink ym., 2009 Lopata ym., 2017), kun taas osassa tutkimuksia on tarkasteltu kuuntelijoita ja improvisaation tuottajia samaan aikaan (Dolan ym., 2013; Dolan ym., 2018). Tutkimusten erot niiden tarkastelun kohteissa saattavat siis olla syynä tutkimusten erilaisiin tuloksiin.

Passiivisen kuuntelijan rooli improvisaatiotilanteessa onkin varmasti hyvin erilainen kuin aktiivisesti toimivan muusikon.

## 1.5 Tutkimuskysymykset ja hypoteesit

Tutkimuksen ensimmäisenä tarkoituksena on selvittää, onnistuuko EEG:n luotettava mittaaminen käytössä olleella laitteistolla laboratorion ulkopuolella. Tutkimuksessa käytössä on mobiili-EEG-laitteisto, jossa on langaton yhteys vahvistimen ja aineiston tallennuskoneen välillä.

Tutkimuksen toisena tarkoituksena on tutkia, onko ammattimuusikoilla tai musiikkia pitkään harrastaneilla tuntemattoman tai osittain improvisoidun elävän musiikin kappaleen kuuntelun aikana EEG:ssa alfa-aktivaatiota (8-12 Hz) vähemmän kuin tutun tai nuottien mukaan soitetun kappaleen. Lisäksi tutkimuksessa selvitetään kuulijoiden omaa arviota soitettavien kappaleiden improvisatorisuudesta ja kiinnostavuudesta. Tutkimuksessa vertaillaan siis neljää eri tilannetta, joissa yhdestä kappale on kuuntelijoille tuttu, yhdessä kappale on kuuntelijoille tuntematon ja kaksi muuta tilannetta ovat osittain improvisoituja muunnelmia näistä tutusta ja tuntemattomasta kappaleesta. Näiden lisäksi tarkastellaan, onko soitettujen kappaleiden sisällä alfa-aktivaatiovoimakkuudessa muutosta tiettyjen aikaikkunoiden välillä.

Improvisoitua klassista musiikkia voidaan pitää kuulijalle monimutkaisena, joten tähän kokeeseen päätettiin valikoida mahdollisimman harjaantuneita kuuntelijoita. Ammattimuusikoita tai musiikkia musiikkiopistotasolla hyvin pitkään harrastaneita voidaan koulutuksensa perusteella pitää harjaantuneina klassisen musiikin kuuntelijoina, jotka voivat havaita maallikkokuuntelijoita tarkemmin esityksen erilaisia vivahteita kuten esimerkiksi esityksessä käytetyn improvisaation.

Tutkimuksen hypoteesit ovat:

- 1: Kuuntelijat arvioivat osittain improvisoidut kappaleet subjektiivisesti kiinnostavammiksi kuten aiemmissa tutkimuksissa on havaittu (Dolan ym., 2013; Dolan ym., 2018) ja osittain improvisoidut kappaleet improvisatorisemmiksi eli tunnistavat, että niissä on käytetty improvisaatiota.
- 2: Kuuntelijat arvioivat tuntemattoman nuottien mukaan soitetun kappaleen kiinnostavammaksi kuin tutun nuottien mukaan soitetun kappaleen.
- 3: Alfa-aktivaation voimakkuus vähenee juuri näissä kuulijoiden arvion mukaan kiinnostavammissa tilanteissa eli tuntemattoman ja osittain improvisoitujen kappaleiden aikana.

4: Osittain improvisoitujen ja tuntemattoman kappaleen välillä on eroa siten, että osittain improvisoitu musiikki tunnistetaan improvisoiduksi, se on kuulijalle kiinnostavampaa ja osittain improvisoidun musiikin aikana on vähemmän alfa-aktivaatiota kuin tuntemattoman musiikin aikana.

Kappaleiden sisällä ei oleteta esiintyvän eroja alfa-aktivaation voimakkuudessa.

## 2 Menetelmät

### 2.1 Koehenkilöt

Tutkimuksen otos oli 14 koehenkilöä. Helsingin yliopiston ihmistieteiden eettisen ennakkoarvioinnin toimikunta antoi tutkimuksen teolle puoltavan lausunnan ennen koehenkilöiden rekrytoimista. Heidät rekrytoitiin tutkimukseen tutkijoiden sosiaalisten verkostojen kautta. Alun perin tutkimukseen osallistui 16 koehenkilöä, mutta kahden koehenkilön mitattu aivosähkökäyrä ei ollut mittaustilanteessa ilmenneiden laitteiston ongelmien vuoksi käyttökelpoista, joten tutkimukseen analysoitavaksi valikoitui lopulta 14 koehenkilöä. Kaikki koehenkilöt olivat ammattimuusikoita, musiikin tai musiikkikasvatuksen opiskelijoita tai he olivat harrastaneet jonkin instrumentin soittamista aktiivisesti vähintään 10 vuotta. Koehenkilöiden katsottiin siis olevan harjaantuneita musiikin kuuntelijoita. Analysoiduista koehenkilöistä miehiä oli 5 ja iältään koehenkilöt olivat 20-33 (keksiarvo 26,4 vuotta). Kaikki koehenkilöt olivat suomenkielisiä, oikeakätisiä ja heillä ei ollut neurologisia sairauksia. Koehenkilöille maksettiin 25€ arvosta Smartum-seteleitä. Koehenkilöt allekirjoittivat erillisen suostumuslomakkeen kokeeseen osallistumisesta.

### 2.2 Tutkimuksen kulku

Tutkimuksessa mitattiin koehenkilöiden aivosähkökäyrää kamaritrioin soittaessa heille paikan päällä elävää musiikkia. Koetilanne jäljitteli siis oikeaa konserttitilannetta. Kamaritrioon kuului viulisti, sellisti ja kanteleensoittaja. Soittajat olivat saaneet koulutusta improvisaatiomusiikin soittamiseen ja he esiintyivät aktiivisesti yhdessä. Tutkimus suoritettiin Helsingissä Sibelius-Akatemian ja Helsingin yliopiston tiloissa kahtena eri päivänä. Molemmat huoneet, joissa tutkimus toteutettiin, olivat hiljaisia ja rauhallisia. Huoneiden ulkopuolelta ei kuulunut koetilannetta häiritseviä ääniä. Molempina tutkimuspäivinä tutkimukset tehtiin aamupäivän ja keksipäivän aikana, jolloin koehenkilöiden vireystila oli verrannollinen eri mittauskertojen välillä.

Tutkimus toteutettiin neljänä mittauskertana, sillä kokeessa käytettyjä EEG-laitteita oli vain neljälle koehenkilölle kerrallaan. Koehenkilöillä oli koko kokeen ajan EEG-mittauslaitteisto päässään. Ennen koetta koehenkilöille oli kerrottu, että he tulevat kuuntelemaan elävää musiikkia samalla kun heiltä mitataan EEG:aa, mutta improvisoidusta musiikista heille ei kerrottu etukäteen. Kokeessa



koehenkilöt kuuntelivat neljä eri klassista kamarimusiikkikappaletta, joista kaksi oli ennalta harjoiteltuja valmiita kappaleita. Nämä kappaleet olivat Johan Sebastian Bachin Arioso From Cantata BWV 156 – Adagio ja Erkki Melartinin Berceuse op 38, no 7. Molemmat kappaleista kestivät noin kolme minuuttia ja muusikot olivat tehneet kappaleista kokoonpanolleen sopivat sovitukset. Koehenkilöitä oli pyydetty valmistautumaan tutkimukseen kuuntelemalla Bachin kappaletta ainakin muutaman kerran, jotta se oli heille tuttu. Melartinin kappale ei ollut kenellekään koehenkilöistä entuudestaan tuttu. Kaksi muuta kappaletta olivat osittain tilanteessa improvisoituja ja ne muistuttivat ennalta harjoiteltuja kappaleita teemaltaan ja kestoaltaan, siten että toinen oli improvisaatiomuunnelma Bachin kappaleesta ja toinen Melartinin kappaleesta. Kappaleiden osittainen improvisointi tarkoitti sitä, että osa soittajista varioi spontaanisti joitakin asioita nuottikuvasta. Jokaisella neljällä kokeen mittauskerralla muusikoiden tuottamat improvisaatiomuunnelmat kappaleista olivat siis erilaiset. Kahdeksalle koehenkilöille esitettiin ensin Bachin kappale nuottien mukaan soitettuna, sitten Bachin improvisaatiomuunnelma, sitten Melartinin improvisaatiomuunnelma ja sitten Melartinin kappale nuottien mukaan soitettuna (taulukko 1). Lopuille kuudelle koehenkilölle esitettiin ensin Melartinin kappale nuottien mukaan soitettuna, sitten Melartinin improvisaatiomuunnelma, sitten Bachin improvisaatiomuunnelma ja sitten Bachin kappale nuottien mukaan soitettuna (taulukko 1). Tällä esitysjärjestyksen muuntelulla varmistettiin se, ettei kappaleiden järjestys vaikuta tutkimuksen tulokseen.

Koetilanteessa koehenkilöt istuivat rivissä tuoleilla noin kolmen metrin päässä soittajista. Koehenkilöitä pyydettiin istumaan mahdollisimman paikoillaan ja silmät auki kappaleiden kuuntelun aikana.

Taulukko 1.

*Kappaleiden esitysjärjestys tutkimustilanteissa ja tutkimustilanteiden koehenkilömäärät*

Järjestys	Tilanne 1	Tilanne 2
1.	Bach nuottien mukaan soitettuna	Melartin nuottien mukaan soitettuna
2.	Bach osittain improvisoituna	Melartin osittain improvisoituna
3.	Melartin osittain improvisoituna	Bach osittain improvisoituna
4.	Melartin nuottien mukaan soitettuna	Bach nuottien mukaan soitettuna
Koehenkilöiden määrä	8	6

Tutkimuksessa kartoitettiin koehenkilöiden taustoja musiikin parissa taustatietolomakkeella, jota koehenkilöt täyttivät mittaustilanteen alkua odotellessaan, kappaleiden välisten taukojen aikana ja mittauksen lopuksi, jos sen täyttö jäi vielä kesken. Ennen jokaista kappaletta ja kappaleiden jälkeen koehenkilöt täyttivät tunnetilakyselylomakkeen, joita tässä tutkimuksessa ei analysoitu. Kunkin kappaleen kuuntelun jälkeen koehenkilöt täyttivät myös kappaleiden musiikillisia piirteitä käsitelleen arviointilomakkeen, jossa he arvioivat juuri kuullun kappaleen improvisatorisuutta, kiinnostavuutta ja muutamia muita piirteitä, joita tässä tutkimuksessa ei analysoitu. Näitä ominaisuuksia arvioitiin viisiportaisella Likert-asteikolla yhdestä viiteen (Ympyröi se numero, mikä parhaiten kuvaa kuulemasi musiikin antamaa mielikuvaa improvisatorisuudesta / kiinnostavuudesta. 1 = ei lainkaan, 3 = neutraali, 5 = erittäin paljon). Kappaleiden väliset tauot kestivät noin viisi minuuttia.

Koetilanteen kestivät yhteensä noin kaksi tuntia riippuen siitä, kuinka kauan EEG-laitteiston kiinnitykseen meni aikaa ja kuinka kauan koehenkilöt käyttivät aikaa arviointi- ja taustatietolomakkeiden täyttämiseen. Itse mittaustilanteet kestivät noin puoli tuntia sisältäen kappaleiden kuuntelun ja lomakkeiden täytön.

### 2.3 EEG-laitteisto

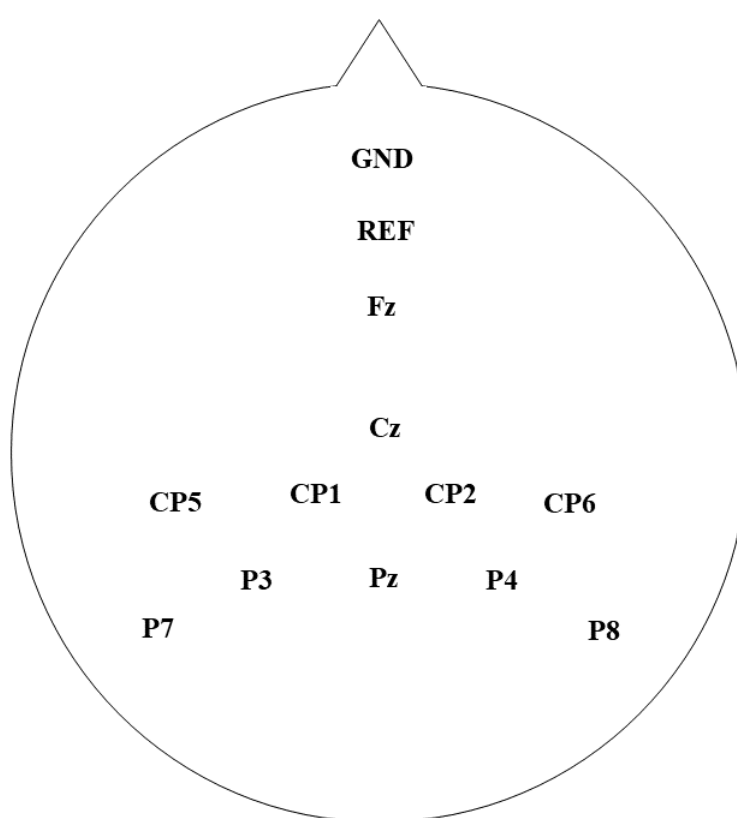
EEG-aineisto kerättiin mobiililla LiveAmp -vahvistimella (Brain Products GmbH, Germany) ja Brain Vision -ohjelmistolla (Brain Vision LLC). Koehenkilöiden kallon pintaan kiinnitettiin 32 mittauselektrodia sekä referenssi- ja maadoituselektrodi. Elektrodiin sijoitus noudatti kansainvälistä 10/20-järjestelmää. Signaali referoitiin mittauksen aikana referenssielektrodiin, joka oli paikalla FAz (kuva 2). Maadoituskanava oli myös etuotsalohkolla paikalla Fpz. Elektrodiin kiinnittämiseen käytettiin Easycap-elektrodimyssyä (EASYCAP GmbH, Germany) ja Signa gel -elektrodigeeliä (Parkers Laboratories, Inc.). EEG-vahvistimen näytteenottotaajuus oli 500 Hz ja mittauksen aikainen alipäästösuodatus 100 Hz.

Mittauksen aikana käsittelemättömän EEG-signaalin laatua tarkkailtiin silmämääräisesti tietokoneen näytöltä. Musiikkikappaleiden alkamiset ja loppumiset synkronoitiin aineistoon mittaustilanteen aikana käsin.

### 2.4 EEG-aineiston esikäsittely ja tilastollinen analyysi

Kaikki analyysieihin käytetty EEG-data käytiin silmämääräisesti läpi mahdollisten analyysieihin vaikuttavien artefaktien löytämiseksi. Mitään epämääräistä signaaliin mahdollisesti vaikuttavaa ei tarkastelussa löydetty. Kahdella koehenkilöllä kesken kappaleen oli tullut katkos langattomaan laitteistoon eli vahvistimen ja aineistonkeruukoneen välille. Analysoitavat EEG:n aikaikkunat otettiin

ennen ja jälkeen näitä katkoksia, jolloin ne eivät vaikuttaneet analyysiin. EEG-aineiston käsittelyyn käytettiin Matlab -ohjelmistoa (versio 9.2.0.508362 (R2017a), The Mathworks Inc.), ja Matlab-ohjelmiston EEGLAB-analyysipakettia (versio 14.1.1, Swartz Center for Computational Neuroscience). Aineistolle tehtiin ylipäästösuodatus, joka oli 0.5 Hz. Mahdollisen verkkovirtahäiriön takia aineistosta suodatettiin pois myös 40-51 Hz. Analyysiin valittiin mukaan kanavat Fz, Cz, CP5, CP1, CP2, CP6, P7, P3, Pz, P4 ja P8 (kuva 2), sillä kyseiset kanavat ovat aivokuoren keskilinjalla ja posteriorisella aivokuorella, jossa luovuuteen ja musiikin kuunteluun liittyvää alfa-aktivaatiota on aikaisemmissa tutkimuksissa havaittu (Fink & Benedek, 2014; Meeuwissen ym., 2011)



*Kuva 2.* Referenssielektrodin (REF), maadoituselektrodin (GND) ja analysoitujen elektrodien (Fz, CP5, CP1, Cz, CP2, CP6, P7, P3, Pz, P4 ja P8) paikat kallon pinnalla.

Aineistosta ikkunoitiin kunkin esitetyn kappaleen kohdalta 40 sekuntia kappaleen alusta ja siitä seuraavat 40 sekuntia, jolloin ikkunat eivät olleet keskenään päällekkäisiä. Kunkin kappaleen alusta ensimmäiset 80 sekuntia siis analysoitiin kahtena 40 sekunnin osiona. Aikaikkunan pituudeksi valittiin 40 sekuntia, koska lyhyemmillä aikaikkunoilla tulokset olisivat helpommin satunnaisia. Aikaikkunoita oli kussakin kappaleessa kaksi, jotta pystyttiin tutkimaan, muuttuiko alfa-aktivaation voimakkuus kappaleen aikana.

Jokaiselle 40 sekunnin aikaikkunalle laskettiin signaalin tehotiheysspektri (PSD, *Power spectral density*), joka kuvastaa signaalin voimakkuutta taajuuden funktiona. PSD:n avulla voidaan siis tarkastella eri taajuuskaistojen eroja. PSD:n laskemiseen käytettiin EEGLAB:n spectopo-funktiota, joka laskee aikaikkunoille Fast Fourier-muunnoksen (FFT, *Fast Fourier transformation*). FFT-ikkunan pituus oli 2048 näytettä ja näytteenottotaajuus oli 500 Hz, jolloin FFT-ikkunan pituus oli 4,096 sekuntia ja resoluutio oli 0,2441 Hz. FFT-ikkunoille ei tehty ikkunointia, eivätkä ikkunat olleet päällekkäisiä. Tämän jälkeen tarkasteltiin alfa-aktivaatiotaajuutta eli taajuuksia välillä 8-12 Hz integroimalla PSD kyseiseltä väliltä, jolloin saatiin selville alfa-aktivaation voimakkuus kussakin 40 sekunnin aikaikkunassa kullakin kanavalla. Kanavien alfa-aktivaatiovoimakkuuksista laskettiin keskiarvo kunkin koehenkilön sisällä, jolloin saatiin tietää kyseisen aikaikkunan alfa-aktivaation voimakkuuden keskiarvo kullakin koehenkilöllä.

Tämän jälkeen voitiin vertailla tilastollisesti eri aikaikkunoiden välisiä alfa-aktivaation voimakkuuksia koehenkilöjoukossa. Aineiston tilastolliseen analyysiin käytettiin IBM SPSS Statistics -ohjelmistoa (versio 25).

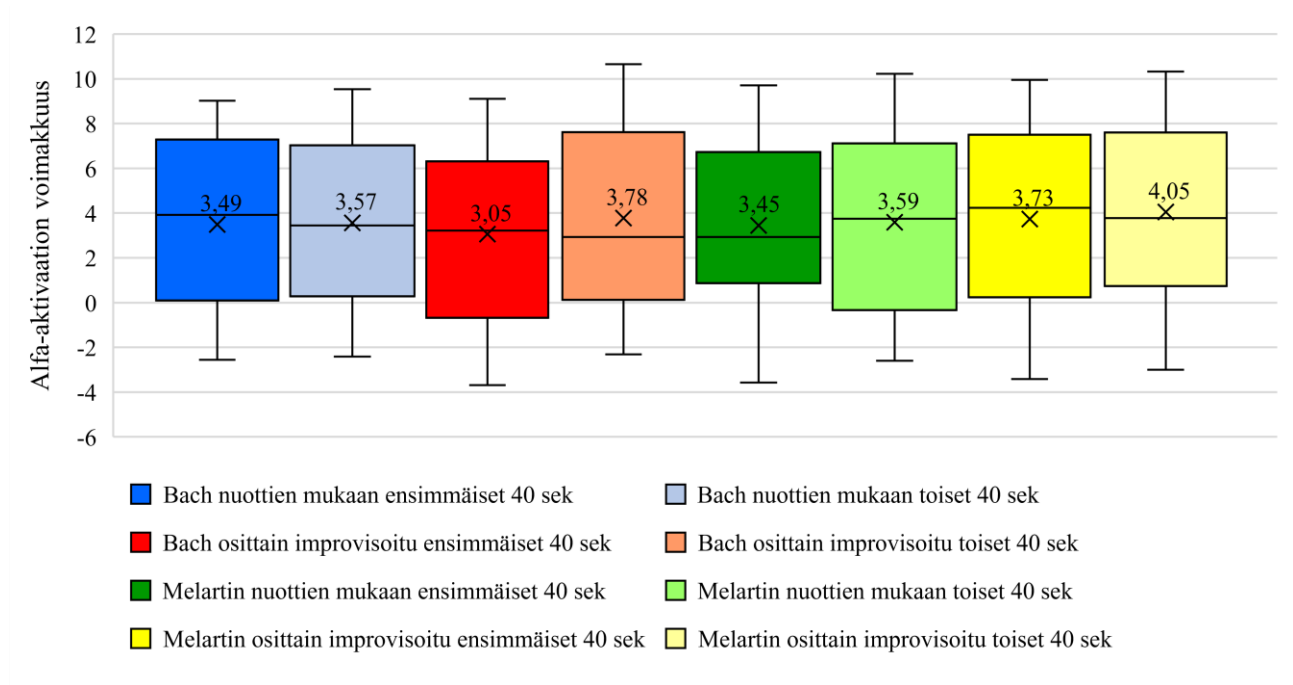
### 3 Tulokset

#### 3.1 EEG-aineiston tulokset

EEG-aineisto todettiin normaalisti jakautuneeksi Saphiro-Wilkin testillä kaikilla muuttujilla ( $p > .05$ ). Neljäkymmenen sekunnin kappaleenpätkien alfa-aktivaatiokeskiarvojen välisten erojen testaamiseen käytettiin toistomittausten varianssianalyysia, sillä aineiston muuttujat olivat riippuvaisia toisistaan koehenkilöiden sisällä. Toistomittausten varianssianalyysia varten suoritettiin Mauchlyn sfäärisyystestaus, jossa huomattiin, ettei sfäärisyyttä voitu olettaa. Tämän vuoksi analysointiin käytettiin Greenhouse-Geisser -korjattua toistomittausten varianssianalyysia. Tulokselle tehtiin Bonferroni -korjaus.

Analyysin tuloksena voidaan todeta, että tutkituissa tilanteissa eli musiikkikappaleiden neljäkymmenen sekunnin aikaikkunoissa alfa-aktivaatiovoimakkuuksien keskiarvoilla ei huomattu tilastollisesti merkitseviä eroja ( $F(3.78, 49.19) = 1.72; p = .16$ ). Alfa-aktivaation keskiarvoilla ei siis ollut eroja esitettyjen kappaleiden välillä tarkastelluilla aikaikkunoilla eikä mitattujen aikaikkunoiden välillä kappaleiden sisällä. Tämä tarkoittaa sitä, että kappaleiden esitystavalla eli nuottikuvan mukaisuudella tai osittaisella improvisaatiolla sekä kappaleiden tuttuudella tai tuntemattomuudella kuulijoille ei ollut tarkastelluissa aikaikkunoissa eroja alfa-aktivaation voimakkuudessa. Alfa-

aktivaation voimakkuus ei myöskään vaihdellut kappaleiden sisällä ensimmäisen ja toisen neljänkymmenen sekunnin välillä.



*Kuva 3.* Alfa-aktivaation voimakkuuden kappalekohtaiset keskiarvot. Keskiarvot laskettu 80 sekunnin ajalle alkaen kunkin kappaleen alusta. Keskiarvot ovat merkitty kuvaajiin rastilla ja rastin yläpuolella on keskiarvon lukuarvo.

### 3.2 Kappaleiden musiikillisten piirteiden arvioiden tulokset

Kappaleiden musiikillisten piirteiden arvioiden muuttujat olivat improvisatorisuus ja kiinnostavuus. Muuttujien tunnusluvut kappaleittain löytyvät taulukosta 2. Muuttujien jakaumia tutkittiin Saphiro-Wilkin testillä ja aineisto huomattiin nollahypoteesin vastaisesti muuten kuin normaalisti jakautuneeksi lähes kaikkien muuttujien osalta ( $p < .05$ ). Vain Melartinin osittain improvisoidun kappaleen improvisatorisuus todettiin normaalisti jakautuneeksi ( $p = .078$ ). Koska normaalisti jakautuneita muuttujia oli vain yksi ja kaikki muuttujat olivat Likert-asteikollisia eli mielipideasteikollisia, päätettiin valita testimenetelmäksi toistomittausten varianssianalyysin epäparametrinen vastine eli Friedmanin testi, jonka tuloksille tehtiin Bonferroni -korjaus. Improvisatorisuuden osalta kappaleiden välillä oli tilastollisesti merkitseviä eroja ( $\chi^2(3) = 27.24$ ,  $p = .00$ ). Kiinnostavuuden osalta tilastollisesti merkitseviä eroja kappaleiden välillä ei ollut ( $\chi^2(3) = 2.47$ ,  $p = .48$ ).

Taulukko 2.

*Improvisatorisuuden ja kiinnostavuuden kappalekohtaiset tunnusluvut*

		Minimi	Maksimi	Keskiarvo	Keskihajonta
Improvisatorisuus	Bach nuottien mukaan	1	2	1.15	0.36
	Bach osittain improvisoituna	1	5	3.57	1.22
	Melartin nuottien mukaan	1	4	1.57	0.94
	Melartin osittain improvisoituna	1	4	2.14	0.86
Kiinnostavuus	Bach nuottien mukaan	1	5	3.50	0.94
	Bach osittain improvisoituna	2	5	3.64	0.84
	Melartin nuottien mukaan	1	4	3.29	0.99
	Melartin osittain improvisoituna	1	5	3.71	0.99

Muuttujille tehtiin parittaiset vertailut Wilcoxonin testillä. Tulokset löytyvät taulukosta 3. Näissä parittaisissa vertailuissa huomattiin, että Bachin kappale osittain improvisoituna oli kuuntelijoiden mielestä tilastollisesti merkitsevästi improvisatorisempi kuin Bachin tai Melartinin kappale nuottikuvan mukaisesti soitettuna ja myös Melartinin kappale osittain improvisoituna oli kuuntelijoiden mielestä tilastollisesti merkitsevästi improvisatorisempi kuin Bachin tai Melartinin kappale nuottikuvan mukaisesti soitettuna. Lisäksi Bachin kappale osittain improvisoituna oli tilastollisesti merkitsevästi kuuntelijoiden mielestä improvisatorisempi kuin Melartinin kappale osittain improvisoituna. Bachin kappale nuottien mukaan soitettuna ja Melartinin kappale nuottien mukaan soitettuna eivät tilastollisesti merkitsevästi eronneet improvisatorisuudessa kuuntelijoiden mielestä.

Taulukko 3.  
*Kappaleiden improvisatorisuuden ja kiinnostavuuden Wilcoxonin testillä tehtyjen parittaisten vertailujen p-arvot*

		Bach nuottien mukaan	Bach osittain improvisoituna	Melartin nuottien mukaan	Melartin osittain improvisoituna
Improvisatorisuus	Bach nuottien mukaan	-	.002**	.13	.004**
	Bach osittain improvisoituna	.002**	-	.002**	.005**
	Melartin nuottien mukaan	.13	.002**	-	.02*
	Melartin osittain improvisoituna	.004**	.005**	.02*	-
Kiinnostavuus	Bach nuottien mukaan	-	.62	.18	.56
	Bach osittain improvisoituna	.62	-	.27	.71
	Melartin nuottien mukaan	.18	.27	-	.25
	Melartin osittain improvisoituna	.56	.71	.25	-

\*p < .05, \*\*p < .01

## 4 Pohdinta

Tutkimuksen ensimmäisenä tarkoituksena oli selvittää, onnistuuko EEG:n luotettava mittaaminen käytössä olleella laitteistolla laboratorion ulkopuolella. Tutkimuksessa käytössä ollut mobiili-EEG-laitteisto osoittautui hyödylliseksi ja käytännölliseksi välineeksi tutkimuksen teossa. Tutkimuksessa päästiin nyt huomattavasti lähemmäksi oikean elämän tilannetta, jossa ihminen kuuntelee musiikkia vaikkapa klassisen musiikin konsertissa. Tutkimuksen tärkeimpänä tuloksena onkin se, että laboratorion ulkopuolella elävän musiikin kuuntelun ja aivot toiminnan yhteyksien tutkiminen EEG:n avulla on mahdollista.

Tutkimuksen toisena tarkoituksena oli selvittää, onko EEG:lla mitattu alfa-aktivaatio (8-12 Hz) yhteydessä kuulijalle tuttuun tai osittain improvisoituun elävän musiikin kuunteluun ammattimuusikoilla tai musiikkia pitkään harrastaneilla. Tutkimuksessa oletettiin kuuntelijoilla esiintyvän heikompaa alfa-aktivaation voimakkuutta osittain improvisoitujen kuin nuottikuvan mukaan soitettujen kappaleiden aikana ja samoin vähemmän kuulijalle tuntemattomien kuin tuttujen kappaleiden aikana, sillä näiden tilanteiden ajateltiin olevan kuulijalle kiinnostavampia. Tarkoituksena oli myös havainnoida, onko alfa-aktivaation voimakkuudessa eroja soitettujen musiikkikappaleiden sisällä tietyillä aikaikkunoilla. Tutkimuksessa tutkittiin myös, oliko kappaleilla

kuulijoiden arvion mukaan eroja improvisatorisuudessa ja kiinnostavuudessa. Tutkimuksen tulos osoitti, etteivät tutkitut tilanteet eli tutut, tuntemattomat tai osittain improvisoidut kappaleet eronneet toisistaan tilastollisesti merkitsevästi alfa-aktivaation voimakkuuden suhteen. Osittain improvisoidun kappaleen kuuntelun aikana kuulijoilla ei esiintynyt voimakkaampaa eikä heikompaa alfa-aktivaatiota kuin nuottikuvan mukaan soitettuna. Myöskään kuulijalle tutun tai tuntemattoman kappaleen välillä ei ollut eroja kuulijan alfa-aktivaation voimakkuudessa. Tutkimuksen tulos oli tältä osin tutkimuksen hypoteesien vastainen. Tutkimuksessa tarkasteltiin jokaisen soitettun musiikkikappaleen ensimmäistä 40 sekunnin aikaikkunaa ja siitä heti seuraavaa 40 sekunnin aikaikkunaa. Kappaleiden välillä näissä tarkastelluissa aikaikkunoissa ei huomattu siis eroja alfa-aktivaation voimakkuudessa. Oletuksena oli, ettei kappaleiden sisällä olisi myöskään eroja ensimmäisen ja toisen aikaikkunan välillä ja tämä oletus toteutui. Kappaleiden sisällä ei ollut siis eroja alfa-aktivaation voimakkuudessa.

Kuulijat arvioivat osittain improvisoidut kappaleet tilastollisesti merkitsevästi improvisatorisemmiksi kuin nuottikuvien mukaan soitettuna, joten voidaan olettaa heidän tunnistaneen kyseisten kappaleiden olleen ainakin osittain improvisoituja. Kuulijoille tutun eli Bachin kappaleen osittain improvisoitu versio arvioitiin improvisatorisemmaksi kuin kuulijoille tuntemattoman Melartinin kappale osittain improvisoituna. Nuotista soitettujen kuulijoille tutun Bachin ja tuntemattoman Melartinin välillä ei ollut eroja improvisatorisuudessa. Kappaleiden kiinnostavuuden välillä ei ollut tilastollisesti merkitseviä eroja missään vertailussa. Improvisatorisuuden arvion osalta tutkimuksen tulos oli siis oletetun mukainen, mutta kiinnostavuuden osalta ei. Koeasetelma siis toimi improvisatorisuuden osalta oletusten mukaisesti, sillä koehenkilöt pitivät osittain improvisoituja kappaleita improvisatorisempina. Kappaleiden kiinnostavuuden osalta tätä on vaikeampaa arvioida, sillä on mahdollista, että eri kappalevalinnoilla tulos olisi ollut erilainen.

Tutkimuksen tulokset eivät tue aiempaa tutkimustietoa aiheesta. Aiemmin samankaltaisissa koeasetelmissa on saatu viitteitä siitä, että kuulijoiden alfa-aktivaation voimakkuus vähenee improvisoitujen kappaleiden aikana (Dolan ym., 2018; Dolan ym., 2013). Kyseisissä aiemmissa tutkimuksissa on kuitenkin tutkittu myös improvisaation tuottajia eli muusikoita yhdessä kuuntelijoiden kanssa. Toisaalta pelkkiä improvisoivia muusikoita tarkastelevissa tutkimuksissa on huomattu alfa-aktivaation voimakkuuden lisääntyvän improvisaation aikana (Lopata ym., 2017; De Smedt ym., 2016; Fink ym., 2009). Tämän tutkimuksen tulos ei ollut linjassa kummankaan suuntaisen tuloksen kanssa, sillä tutkimuksessa tarkasteltujen tilanteiden välillä ei ollut tilastollisesti merkitseviä eroja alfa-aktivaation voimakkuuksissa. Tässä tutkimuksessa osittain improvisoituja kappaleita ei



myöskään arvioitu kiinnostavammiksi kuin nuottien mukaan soitettuja, jolloin tämäkään tutkimustulos ei ollut linjassa aiemman tuloksen kanssa (Dolan ym., 2013).

#### 4.1 Tutkimuksen luotettavuus ja haasteet

Tämä tutkimus oli yksi harvoista tähän mennessä elävän musiikin ja aivotoiminnan yhteyksiä EEG:llä tarkastelevista tutkimuksista. Tässä tutkimuksessa käytettyyn koeasetelmaan liittyikin monia haasteita. Aiemman tutkimustiedon perusteella alfa-aktivaatio liittyy esimerkiksi itseen kohdistuvaan tarkkaavaisuuteen (Benedek ym., 2014), mutta elävän musiikin takia tämän tutkimuksen koetilanne vaati koehenkilöiltä väistämättä ulospäin kohdistuvaa tarkkaavaisuutta. Tässä tutkimuksessa käytettyä koeasetelmaa ei voida myöskään pitää täydellisenä kopiona konserttitilanteesta vaan pikemminkin kompromissina laboratorion ja konserttitilanteen välillä. Koehenkilöiden musiikinkuuntelukokemus oli varmasti klassisen musiikin konsertissa käymiseen verrattuna hyvin erilainen, sillä heillä oli EEG-laitteet päässä, he joutuivat täyttämään kyselylomakkeita kappaleiden kuuntelun välissä, heitä ohjeistettiin istumaan mahdollisimman paikallaan silmät auki ja heitä oli koetilanteissa vain neljä suuren konserttiyleisön sijaan. Konserttitilanteen ja laboratoriotilanteen välisiä eroja EEG-taajuuskaistoissa kannattaisikin tutkia tarkemmin tulevaisuudessa.

Voidaan myös kyseenalaistaa, onko kuulijalle väliä sillä, onko musiikki tuttua, improvisoitua vai tuntematonta. Ainakaan alfa-aktivaatiossa näkyviä merkitseviä eroja ei tässä tutkimuksessa löydetty. Kaikki koehenkilöt arvioivat osittain improvisoidut kappaleet nuottien mukaan soitettuja kappaleita improvisoidummiksi, mutta voi olla mahdollista, että tämä johtui koehenkilöiden subjektiivisesta musiikkimausta. Improvisoidut kappaleet olivat myös jokaisella neljällä eri mittauskerralla hieman erilaiset, mutta tähän ei olisi voinut vaikuttaa mitenkään muuten kuin kasvattamalla EEG-laitteiston määrää siten, että aineisto olisi voitu kerätä yhdessä konserttimaisessa sessiossa.

Tutkimuksessa käytetyt koehenkilöt olivat kaikki hyvin harjaantuneita musiikin kuuntelijoita eli otos oli tältä ominaisuudeltaan homogeeninen. Jatkotutkimuksissa olisi hyvä myös vertailla maallikkoja ja ammattimuusikoita keskenään. Näiden ryhmien havainto- ja aivotoiminnot todennäköisesti eroaisivat toisistaan tämän tutkimuksen kaltaisessa koeasetelmassa. Esimerkiksi ammattimuusikoilla on huomattu musiikin kuuntelutilanteessa ylipäätään voimakkaampaa alfa-aktivaatiota kuin maallikoilla (Nolden ym., 2017) ja alfa-aktivaatiota esiintyvän päälaenlohkolla voimakkaammin silloin, kun he kokevat vireystilansa matalaksi (Mikutta ym., 2014). Lisäksi voisi vertailla improvisaatiokoulutettuja muusikoita improvisaatiokouluttamattomiin, kuten esimerkiksi Lopata ja kumppanit tekivät (2017).

Improvisoinnin ja ylipäättänsäkin luovan tuottamisen sekä alfa-aktivaation väliltä on löydetty positiivisia yhteyksiä. Alfa-aktivaatiota olisi siis saattanut esiintyä enemmän improvisoidussa tilanteessa kuin täysin nuoteista soitetussa tilanteessa, jos tässä tutkimuksessa olisi tarkasteltu improvisoivia muusikoita eikä kuuntelijoita. Toisaalta tutkimuksessa käytetyt improvisoidut tilanteet olivat vain osittain improvisoituja. Jos musiikkikappaleet olisivat olleet täysin improvisoituja, olisi voinut olla todennäköisempää löytää jotain eroja alfa-aktivaation voimakkuudessa.

Alfa-aktivaatiota ei ole yleensä yhdistetty musiikin miellyttävyyteen kuulijalle, vaan esimerkiksi theta-aktivaatio on yhdistetty musiikin miellyttävyyteen (Sammler ym., 2007). Alfa-aktivaatio sen sijaan on perinteisesti liitetty vireystilaan. Tässä tutkimuksessa ei koehenkilöiden vireystilaa systemaattisesti kartoitettu, joten jää auki muuttuiko koehenkilöiden vireystila mitenkään lyhyiden kappaleiden kuuntelun aikana. Vireystilan muuttuminen improvisoitujen tai kuulijalle tutujen elävän musiikin kappaleiden aikana ja sen yhteys alfa-aktivaatioon voisi siis myös olla hyvä jatkotutkimuksen aihe. Jos tämän tutkimuksen koeasetelmaan olisi vielä lisätty koehenkilöiden vireystilan tarkkailua itsearviolla, olisi se todennäköisesti väsyttänyt koehenkilöitä ja vienyt tarkkaavaisuuden kohdetta entisestään pois musiikista.

Tutkimukseen valikoidut kappaleet olivat kohtuullisen lyhyitä noin 3 minuuttia. Myös valitut 40 sekunnin aikaikkunat olivat suhteellisen lyhyitä. On mahdollista, että pidemmillä kappaleilla ja esimerkiksi minuutin aikaikkunoilla alfa-aktivaation voimakkuudessa olisi saattanut olla eroja eri tilanteiden välillä. Jos kappaleet olisivat olleet pidempiä, olisi koetilanteen kokonaiskesto ollut koehenkilöille pidentynyt ja siten vaikuttanut heidän jaksamiseensa. Osittaisen improvisaation ja nuottikuvan mukaan soiton lisäksi tässä tutkimuksessa tarkasteltiin kuulijoille tutun ja tuntemattoman kappaleen eroja, joten koetilanteesta voisi esimerkiksi jättää tutun ja tuntemattoman vertailun kokonaan pois ja kasvattaa osittain improvisoidun ja nuottien mukaan soitetun kappaleen kestoa. Näin voitaisiin päästä analysoimaan paljon pidempiä aikaikkunoita.

Tutkimuksen otoskoko oli 14 koehenkilöä, joka on yleisesti ottaen EEG-tutkimukselle vielä jokseenkin pieni. Otoskoko oli kuitenkin laaja verrattuna aiempiin elävän musiikin kuuntelua tarkastelleisiin EEG-tutkimuksiin, joissa EEG:lla mitattuja kuuntelijoita on ollut kaksi (Dolan ym., 2013) ja neljä (Dolan ym., 2018). Otos oli kuuntelijoiden musiikkitaustan lisäksi homogeeninen esimerkiksi kuulijoiden iän kanssa. Tutkimusta ei voida siis pitää merkinä siitä, että alfa-aktivaatiolla olisi minkäänlaista yhteyttä kuulijalle tuttuun tai improvisoituun elävään musiikkiin, vaan koetilannetta pitäisi toistaa suuremmalla ja ennen kaikkea kuuntelutottumusten suhteen heterogeenisemalla koehenkilöjoukolla.

Mahdollisissa jatkotutkimuksissa voisi tutkimustilanteesta ottaa audiotallenteen. Tutkimustilanteessa soitettujen kappaleiden musiikillisia piirteitä voi audiotallenteelta analysoida varsin objektiivisesti siihen tarkoitetuilla tietokoneohjelmilla. Seuraava askel tutkimuksessa olisi siis tehdä vertailua soitettujen kappaleiden musiikillisten piirteiden ja kuulijoiden EEG:n välillä.

#### 4.2 Johtopäätökset ja tulevaisuudennäkymät

Tämä tutkimus osoittaa, että elävän musiikin kuulijoiden aktivaatiotaajuusvasteita on mahdollista tutkia EEG:n avulla konserttimaisessa tilanteessa. Tutkimuksessa oli käytännön syistä paljon koetilanteeseen ja analyysimenetelmiin liittyviä haasteita, mutta tämä oli laatuaan ensimmäinen tutkimus, jossa mitattiin näin suurella otoksella kuulijoiden aivosähkökäyrää improvisoidun elävän musiikin kuuntelun aikana. Tämä tutkimus on siis tärkeä korkean ekologisen valideettinsa takia. Elävän musiikin konserttitilanteiden ja laboratoriotilanteiden välinen vertailu olisi tulevaisuudessa tärkeää. Lisäksi luotettavien tutkimuskäytäntöjen vakiinnuttamiseksi olisi hyvä tehdä tutkimusta myös ylipäättään enemmän laboratorioden ulkopuolella.

Tässä tutkimuksessa ammattimuusikoilla tai pitkään musiikkia harrastaneilla ei ollut eroja alfa-aktivaation voimakkuudessa kuunneltujen tuttuja, tuntemattomien, nuottien mukaan soitettujen tai osittain improvisoitujen elävän musiikin kappaleiden välillä. Eroja alfa-aktivaatiotaajuuden voimakkuudessa ei myöskään huomattu tarkasteltujen musiikkikappaleiden sisällä. Lisäksi kuuntelijat arvioivat osittain improvisoidut kappaleet improvisatorisemmiksi. Kappaleiden kiinnostavuuden arvioinneissa ei ollut eroja.

Tulevaisuudessa on tärkeää samankaltaista koetta tehtäessä ottaa huomioon musiikin aikana koetun vireystilan yhteys alfa-aktivaatioon. Harjaantuneiden kuuntelijoiden ja maallikkokuuntelijoiden välisiä eroja olisi myös hyvä tutkia tulevaisuudessa konserttitilanteissakin. Myös erilaisten kappaleiden ja jopa musiikkityylien yhteyksiä aktivaatiotaajuuksiin voisi tutkia erilaisissa konserteissa.

Elävän musiikin ja improvisoidun musiikin kuuntelun yhteyksiä aivojen toimintaan on nyt yhä helpompaa tutkia ja näiden yhteyksien tuntemisella voi olla hyödyllisiä sovellusalueita esimerkiksi musiikkikasvatukseen, muusikkojen koulutuksen ja musiikkiterapioiden kehittämisessä. Improvisaatioon liittyvällä tutkimuksella saattaa olla myös musiikkiin liittymättömiä sovellusalueita, sillä improvisaatiolla ja yleisellä luovuudella näyttäisi olevan yhteinen kognitiivinen ja aivotoiminnallinen pohja. Improvisaation liittyvän aivotoiminnan tunteminen saattaa päästää meidät

lähemmäksi tilannetta, jossa tiedämme, millainen ympäristö on optimaalinen yhteiskuntaa paremmaksi kehittävien innovaatioiden syntymiselle.

## 5 Lähteet

- Bashwiner, D. (2018). The neuroscience of musical creativity. *The Cambridge Handbook of the Neuroscience of Creativity*, 51, 495–516. <https://doi.org/10.1017/9781316556238.029>
- Baumgartner, T., Esslen, M., & Jäncke, L. (2006). From emotion perception to emotion experience: Emotions evoked by pictures and classical music. *International Journal of Psychophysiology*, 60(1), 34–43. <https://doi.org/10.1016/j.ijpsycho.2005.04.007>
- Benedek, M., Schickel, R. J., Jauk, E., Fink, A., & Neubauer, A. C. (2014). Alpha power increases in right parietal cortex reflects focused internal attention. *Neuropsychologia*, 56(1), 393–400. <https://doi.org/10.1016/j.neuropsychologia.2014.02.010>
- Benz, S., Sellaro, R., Hommel, B., & Colzato, L. S. (2016). Music makes the world go round: The impact of musical training on non-musical cognitive functions-a review. *Frontiers in Psychology*, 6(JAN), 1–5. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2015.02023>
- Bowman, A. D., Griffis, J. C., Visscher, K. M., Dobbins, A. C., Gawne, T. J., DiFrancesco, M. W., & Szaflarski, J. P. (2017). Relationship between alpha rhythm and the default mode network. *Journal of Clinical Neurophysiology*, 34(6), 527–533. <https://doi.org/10.1097/WNP.0000000000000411>
- Coan, J. A., & Allen, J. J. B. (2004). Frontal EEG asymmetry as a moderator and mediator of emotion. *Biological Psychology*, 67(1–2), 7–49. <https://doi.org/10.1016/j.biopsycho.2004.03.002>
- Cooper, N. R., Croft, R. J., Dominey, S. J. J., Burgess, A. P., & Gruzelier, J. H. (2003). Paradox lost? Exploring the role of alpha oscillations during externally vs. internally directed attention and the implications for idling and inhibition hypotheses. *International Journal of Psychophysiology*, 47(1), 65–74. [https://doi.org/10.1016/S0167-8760\(02\)00107-1](https://doi.org/10.1016/S0167-8760(02)00107-1)
- Csikszentmihalyi, M. (2014). Flow and the foundations of positive psychology: The collected works of Mihaly Csikszentmihalyi. (pp. 1–298). Springer Netherlands. <https://doi.org/10.1007/978-94-017-9088-8>

- De Smedt, T., Menschaert, L., Heremans, P., Lechat, L., & Dhooghe, G. (2016). An EEG study of creativity in expert classical musicians. *arXiv*. Haettu: <http://arxiv.org/abs/1612.06719>
- Debener, S., Minow, F., Emkes, R., Gandras, K., & de Vos, M. (2012). How about taking a low-cost, small, and wireless EEG for a walk? *Psychophysiology*, 49(11), 1617–1621. <https://doi.org/10.1111/j.1469-8986.2012.01471.x>
- Dolan, D., Jensen, H. J., Mediano, P. A. M., Molina-Solana, M., Rajpal, H., Rosas, F., & Sloboda, J. A. (2018). The improvisational state of mind: A multidisciplinary study of an improvisatory approach to classical music repertoire performance. *Frontiers in Psychology*, 9(SEP). <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2018.01341>
- Dolan, D., Sloboda, J., Crutz, B., & Jeldtoft-Jensen, H. (2013). The improvisatory approach to classical music performance: An empirical investigation into its characteristics and impact. *Music Performance Research*, 6, 1–38. <https://doi.org/10.1017/CBO9781107415324.004>
- Doppelmayr, M., Klimesch, W., Stadler, W., Pöllhuber, D., & Heine, C. (2002). EEG alpha power and intelligence. *Intelligence*, 30, 289–302. [https://doi.org/10.1016/S0160-2896\(01\)00101-5](https://doi.org/10.1016/S0160-2896(01)00101-5)
- Eisenberg, J., & Thompson, W. F. (2003). A matter of taste: Evaluating improvised music. *Creativity Research Journal*, 15(2), 287–296. [https://doi.org/10.1207/S15326934CRJ152&3\\_19](https://doi.org/10.1207/S15326934CRJ152&3_19)
- Fink, A., & Benedek, M. (2014). EEG alpha power and creative ideation. *Neuroscience and Biobehavioral Reviews*. <https://doi.org/10.1016/j.neubiorev.2012.12.002>
- Fink, A., Graif, B., & Neubauer, A. C. (2009). Brain correlates underlying creative thinking: EEG alpha activity in professional vs. novice dancers. *NeuroImage*, 46(3), 854–862. <https://doi.org/10.1016/j.neuroimage.2009.02.036>
- Gaser, C., & Schlaug, G. (2003). Brain structures differ between musicians and non-musicians, 23(27), 9240–9245. <https://doi.org/10.1523/JNEUROSCI.23-27-09240.2003>
- Goldman, R., Stern, J., Jr, J. E., & Cohen, M. (2002). Simultaneous EEG and fMRI of the alpha rhythm. *Neuroreport*, 13(18), 2487–2492. <https://doi.org/10.1097/01.wnr.0000047685.08940.d0.Simultaneous>
- Gould, C. S., & Keaton, K. (2000). The essential role of improvisation in musical performance. *The Journal of Aesthetics and Art Criticism*, 58(2), 143–148. <https://doi.org/Article>

- Habibi, A., Damasio, A., Ilari, B., Elliott Sachs, M., & Damasio, H. (2018). Music training and child development: a review of recent findings from a longitudinal study. *Annals of the New York Academy of Sciences*, 73–81. <https://doi.org/10.1111/nyas.13606>
- Herrmann, C. S., Strüber, D., Helfrich, R. F., & Engel, A. K. (2016). EEG oscillations: From correlation to causality. *International Journal of Psychophysiology*, 103, 12–21. <https://doi.org/10.1016/j.ijpsycho.2015.02.003>
- Kleinmintz, O. M., Goldstein, P., Mayseless, N., Abecasis, D., & Shamay-Tsoory, S. G. (2014). Expertise in musical improvisation and creativity: The mediation of idea evaluation. *PLoS ONE*, 9(7). <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0101568>
- Klimesch, W., Schack, B., & Sauseng, P. (2005). The functional significance of theta and upper alpha oscillations. *Experimental Psychology*, 52(2), 99–108. <https://doi.org/10.1027/1618-3169.52.2.99>
- Koelsch, S. (2014). Brain correlates of music-evoked emotions. *Nature Reviews Neuroscience*, 15(3), 170–180. <https://doi.org/10.1038/nrn3666>
- Laufs, H., Kleinschmidt, A., Beyerle, A., Eger, E., Salek-Haddadi, A., Preibisch, C., & Krakow, K. (2003). EEG-correlated fMRI of human alpha activity. *NeuroImage*, 19(4), 1463–1476. [https://doi.org/10.1016/S1053-8119\(03\)00286-6](https://doi.org/10.1016/S1053-8119(03)00286-6)
- Lin, Y. P., Wang, C. H., Jung, T. P., Wu, T. L., Jeng, S. K., Duann, J. R., & Chen, J. H. (2010). EEG-based emotion recognition in music listening. *IEEE Transactions on Biomedical Engineering*, 57(7), 1798–1806. <https://doi.org/10.1109/TBME.2010.2048568>
- Lopata, J. A., Nowicki, E. A., & Joanisse, M. F. (2017). Creativity as a distinct trainable mental state: An EEG study of musical improvisation. *Neuropsychologia*, 99(March), 246–258. <https://doi.org/10.1016/j.neuropsychologia.2017.03.020>
- Lustenberger, C., Boyle, M. R., Foulser, A. A., Mellin, J. M., & Fröhlich, F. (2015). Functional role of frontal alpha oscillations in creativity. *Cortex*, 67, 74–82. <https://doi.org/10.1016/j.cortex.2015.03.012>
- Markovic, A., Kühnis, J., & Jäncke, L. (2017). Task context influences brain activation during music listening. *Frontiers in Human Neuroscience*, 11(June), 1–14. <https://doi.org/10.3389/fnhum.2017.00342>
- Meeuwissen, E. B., Takashima, A., Fernández, G., & Jensen, O. (2011). Increase in posterior alpha

- activity during rehearsal predicts successful long-term memory formation of word sequences. *Human Brain Mapping*, 32(12), 2045–2053. <https://doi.org/10.1002/hbm.21167>
- Mikutta, C. A., Maissen, G., Altorfer, A., Strik, W., & Koenig, T. (2014). Professional musicians listen differently to music. *Neuroscience*, 268, 102–111. <https://doi.org/10.1016/J.NEUROSCIENCE.2014.03.007>
- Mikutta, C., Altorfer, A., Strik, W., & Koenig, T. (2012). Emotions, arousal, and frontal alpha rhythm asymmetry during beethoven’s 5th symphony. *Brain Topography*, 25(4), 423–430. <https://doi.org/10.1007/s10548-012-0227-0>
- Nolden, S., Rigoulot, S., Jolicoeur, P., & Armony, J. L. (2017). Effects of musical expertise on oscillatory brain activity in response to emotional sounds. *Neuropsychologia*, 103(July), 96–105. <https://doi.org/10.1016/j.neuropsychologia.2017.07.014>
- Sammler, D., Grigutsch, M., Fritz, T., & Koelsch, S. (2007). Music and emotion: Electrophysiological correlates of the processing of pleasant and unpleasant music. *Psychophysiology*, 44(2), 293–304. <https://doi.org/10.1111/j.1469-8986.2007.00497.x>
- Simon, H. B. (2015). Music as medicine. *American Journal of Medicine*, 128(2), 208–210. <https://doi.org/10.1016/j.amjmed.2014.10.023>
- Teplan, M. (2002). Fundamentals of EEG measurement. *Measurement Science Review*, 2(2), 1–11. <https://doi.org/10.1021/pr070350l>
- Vieillard, S., Roy, M., & Peretz, I. (2012). Expressiveness in musical emotions. *Psychological Research*, 76(5), 641–653. <https://doi.org/10.1007/s00426-011-0361-4>